

Acoplamiento de COBAYA4 con la nueva versión de COBRATF

Adrián Sabater, Gabriel Rucabado, Diana Cuervo
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)
c/ José Gutiérrez Abascal, 2.
28006 - Madrid
Tel: 9133613112
adrian.sabater.alcaraz@alumnos.upm.es

Resumen – Como parte de los desarrollos que se están llevando a cabo en la UPM para actualización del código neutrónico de difusión para cálculos nodales y en malla fina de reactores nucleares se ha trabajado en el acoplamiento a nivel nodal de su nueva versión, COBAYA4, con la última versión del código termohidráulico de núcleo COBRA-TF. Este desarrollo es la primera fase del trabajo de acoplamiento en ambas escalas de cálculo a través de la librería computacional de acoplamiento Medcoupling.

1. INTRODUCCIÓN.

COBAYA es un código neutrónico (NK) que resuelve la ecuación de difusión en multigrupos con *solver* nodal y *pinbypin* para determinar el estado de un reactor nuclear en operación o durante un transitorio. Para poder determinar el comportamiento real de un reactor, los códigos de difusión de neutrones deben trabajar acoplados con códigos termohidráulicos (TH). Estos códigos permiten ver los efectos de la realimentación termohidráulica del reactor y dan una visión real del comportamiento de éste. Uno de los códigos TH que se han acoplado con COBAYA es COBRATF.

El objetivo del trabajo ha consistido en acoplar COBAYA con la última versión de COBRATF. Esta nueva versión de COBRATF ha sido ampliamente optimizada computacionalmente aunque su uso con COBAYA no es posible actualmente debido al tipo de acoplamiento desarrollado para ejecutar cálculos de subcanales en núcleo completo con versiones previas del código TH. Actualmente este tipo de acoplamiento resulta muy restrictivo a la hora de implementar nuevas versiones del código TH.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS CÓDIGOS ACOPLADOS

COBAYA4 es la nueva versión del código COBAYA, código de difusión neutrónico multiescala que permite realizar cálculos estacionarios y transitorios, estando acoplado a un código termohidráulico. COBAYA4 incluye métodos de resolución a nivel nodal y de celda (*pin-by-pin*), permitiendo un análisis en ambas escalas: malla gruesa y malla fina.

El método de resolución nodal implementado en COBAYA4 es ANDES (*Analytical Nodal Diffusion Equation Solver*). ANDES es un código analítico nodal que resuelve las ecuaciones de difusión de neutrones en multigrupos con geometría en tres dimensiones, y que permite el tratamiento de una gran variedad de casos. Se puede utilizar aisladamente para cálculos nodales en núcleos completos, o como módulo de aceleración para el método de resolución en *pin-by-pin*. ANDES se basa en el método analítico en diferencias finitas de malla gruesa (ACMFD)

El método de resolución a nivel de celda incluido en COBAYA4 se basa en el método de difusión denominado método de transporte en diferencias finitas corregido para malla fina (FMFD). Este método se puede utilizar para resolver problemas de núcleo completo a través de la descomposición del dominio en secciones alternativas del núcleo. Una aceleración nodal previa a través de ANDES se puede realizar con el fin de acelerar el proceso de resolución del núcleo completo. Es el método adecuado para obtener resultados muy fiables en los cálculos de núcleo completo en estado de equilibrio y simulaciones de transitorios.

La capacidad para tratar nodos con geometría rectangular y triangular permite la simulación de núcleos basados, no sólo en elementos combustibles rectangulares (*PWR*, *BWR*), sino también en elementos combustibles hexagonales (*VVER*, *SFR*, *VHTR*).

COBAYA4 es el resultado de la reestructuración y modularización de previas versiones del código que debido a su acoplamiento *hardwire* con códigos termohidráulicos como COBRA-TF, COBRAIII-MIT2, SUBCHANFLOW o FLICA se había vuelto extremadamente complejo e intrincado.

En el caso de COBRA-TF, el acoplamiento se había llevado a cabo de manera que se pudiera utilizar la metodología de resolución de Disección en Subdominios mediante Disecciones Alternadas. Esto se hacía tanto en la parte neutrónica como en la termohidráulica debido a que las versiones anteriores de COBRA-TF no implementaban cálculo en paralelo y por tanto era necesaria su aceleración para realizar cálculos en malla fina de núcleo completo. Dado que la nueva versión de COBRA-TF incluye metodologías de aceleración para cálculos en gran número de nodos, era necesario separar ambos códigos y eliminar todas las dependencias entre ellos en cuanto a variables de intercambio, funciones de asignación, inicialización.

3. DESCRIPCIÓN DEL ACOPLAMIENTO

En el acoplamiento implementado, el tamaño de celda de malla neutrónica y termohidráulica es el mismo por lo que no es necesario ningún tipo de interpolación que no sea la relativa al desplazamiento natural de estas por el tipo de física que resuelven. Este acoplamiento se ha desarrollado para conseguir dos objetivos: utilizar el preprocesador original de COBRATF para generar la malla de núcleo completo en subcanales, y establecer la base para implementar un acoplamiento no dependiente del código mediante librería Medcoupling.

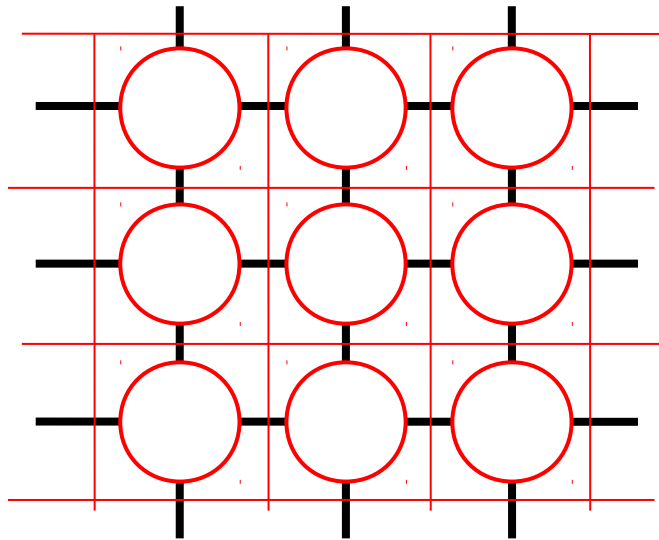


Figura 1. Representación radial de las mallas neutrónicas (roja) y termohidráulicas (negra)

5. RESULTADOS DEL CASO EJEMPLO

La aplicación de los códigos al análisis de un accidente MSLB en un reactor PWR permite probar el funcionamiento del acoplamiento.

El caso analizado consiste en un núcleo de reactor PWR de 4 lazos a final de ciclo y en situación de parada caliente (HZP) en el que se produce el transitorio de Rotura de Línea de Vapor.

El resultado en la evolución de potencia, como se puede ver en la figura 2, es un pico inicial muy brusco debido a la inserción inicial de reactividad por la moderación extra que supone la entrada de agua fría que se ve luego reducida por el efecto Doppler al aumentar bruscamente la temperatura del combustible. Tras esto, la entrada continuada de refrigerante a baja temperatura consigue de nuevo elevar la potencia generada pero, esta vez, de forma más suave alcanzándose, según la simulación, potencias significativas.

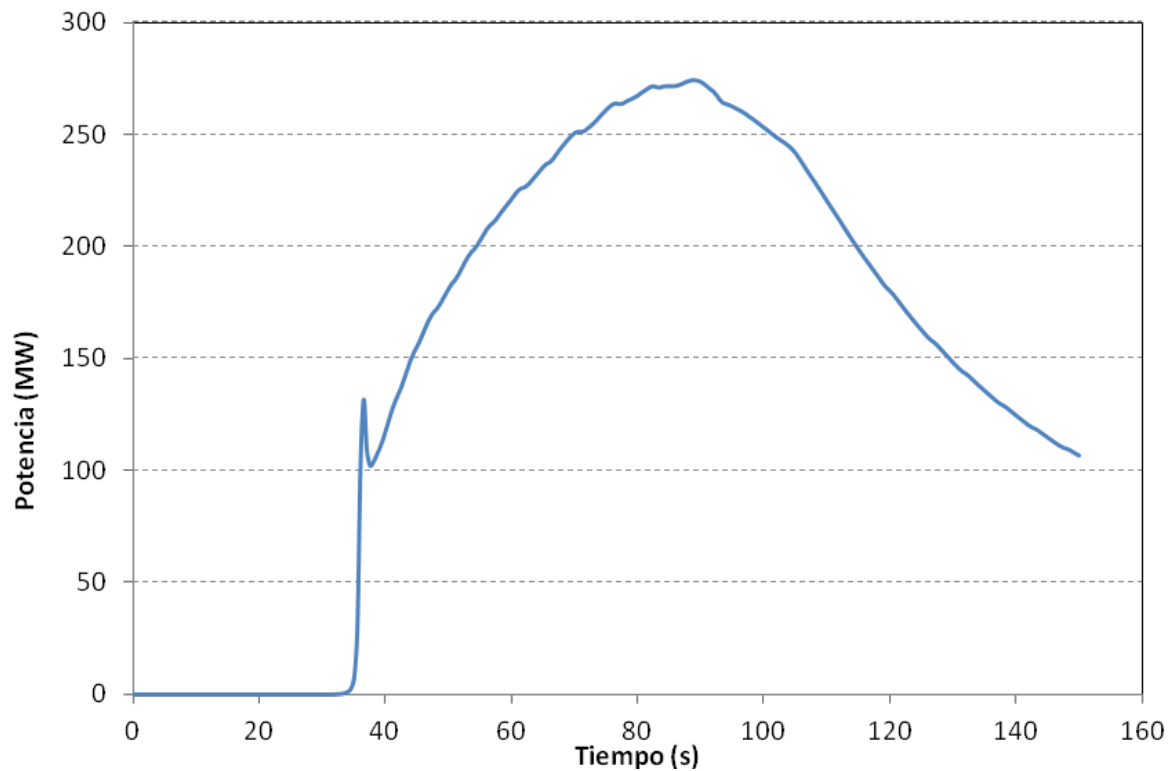


Figura 2. Representación de la evolución de la potencia con el tiempo

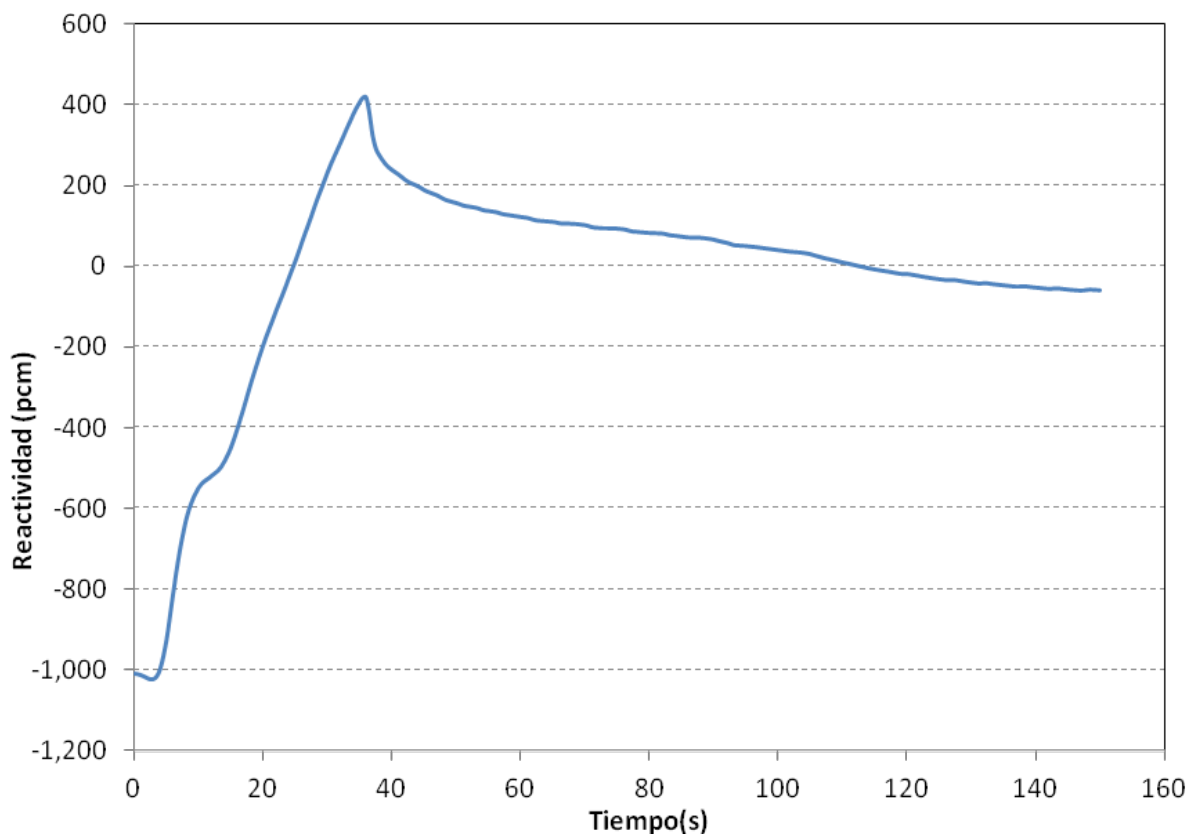


Figura 3. Representación de la evolución de la reactividad con el tiempo

4. CONCLUSIONES.

La primera fase del acoplamiento de los códigos a nivel nodal ha sido llevada a cabo y ha sido probada con casos de verificación, en concreto, con el mostrado en éste artículo.

La segunda fase se llevará a cabo como continuación de este trabajo y permitirá el uso de los códigos para cálculos a nivel de barra combustible y subcanal de refrigeración.

REFERENCIAS.

J.J. Herrero, C. Ahnert, J.M Aragonés, "Spatial Domain Decomposition for LWR Cores at the Pin Scale", ANS Winter meeting, Washington, DC, USA, November, 11-15, 2007